

**FILED**

CLIPPEDIMAGE= JP402083987A  
PAT-NO: JP402083987A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 02083987 A  
TITLE: PIEZOELECTRIC ACTUATOR

PUBN-DATE: March 26, 1990

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

TAKAHASHI, TAKASHI  
YAMAMOTO, TAKASHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

TOYOTA MOTOR CORP

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP63234820

APPL-DATE: September 21, 1988

INT-CL (IPC): H01L041/09; F02M051/00 ; F02M057/02  
US-CL-CURRENT: 310/311

ABSTRACT:

PURPOSE: To avoid the partial wear of a piston and avoid the breakage of a piezoelectric device by a method wherein a hollow cylinder which is given a spring function by forming slits on its outer circumference is fitted onto the outer circumference of the piston.

CONSTITUTION: An elastic hollow cylinder 81 is composed of a uniformly thin hollow cylinder. Pairs of slits 100 and 101 which are provided symmetrically against the axial line K-K of the cross section of the cylinder 81 with position difference of 90deg; between each other and form bridging parts 102 and 103 are formed on the outer circumference of the cylinder 81. The cylinder 81 is fitted onto the cylindrical outer circumference of a piston 73 in a compressed state and a compression force is applied to a piezoelectric device 77 through the piston 73 by the spring force of the cylinder 81. As the fitted cylinder 81 is supported by the cylindrical outer circumference of the piston

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

73, its axial line is not warped and maintained straight. As a result, a uniformly distributed load is applied to the piston 73 by the cylinder 81, so that the partial wear of the piston can be avoided and hence, the partial load is not applied to the device 77 and the breakage of the device 77 can be avoided.

COPYRIGHT: (C)1990, JPO&Japio

EAST AVAILABLE COPY

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑪ 公開特許公報(A)

平2-83987

⑫ Int. Cl.<sup>9</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成2年(1990)3月26日

H 01 L 41/09  
F 02 M 51/00  
57/02

3 1 0 B  
Z

8311-3G  
8311-3G  
7342-5F

H 01 L 41/08

S

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全10頁)

⑭ 発明の名称 圧電アクチュエータ

⑮ 特 願 昭63-234820

⑯ 出 願 昭63(1988)9月21日

⑰ 発 明 者	高 橋 岳 志	愛知県豊田市トヨタ町1番地	トヨタ自動車株式会社内
⑰ 発 明 者	山 本 崇	愛知県豊田市トヨタ町1番地	トヨタ自動車株式会社内
⑰ 出 願 人	トヨタ自動車株式会社	愛知県豊田市トヨタ町1番地	
⑰ 代 理 人	弁理士 青 木 朗	外 4 名	

#### 明 細 書

##### 1. 発明の名称

圧電アクチュエータ

##### 2. 特許請求の範囲

アクチュエータハウジング内にピストン孔を形成して該ピストン孔内にピストンを摺動可能に挿入し、ピストン端面により画定された可変容積室をピストンの一側に有すると共にピストン他側とアクチュエータハウジング間に圧電素子を挿入し、ピストンとアクチュエータハウジング間にばねを挿入して該ばねによりピストンを介して圧電素子に圧縮荷重を付与するようにした圧電アクチュエータにおいて、上記ばねをピストンの外周面上に嵌着された中空筒体より形成し、該中空筒体がその外周面上に横断面内において点対称に形成された複数のスリットを有する圧電アクチュエータ。

##### 3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は圧電アクチュエータに関する。

(従来の技術)

アクチュエータハウジング内にピストン孔を形成してピストン孔内にピストンを摺動可能に挿入し、ピストン端面により画定された可変容積室をピストンの一側に有すると共にピストン他側とアクチュエータハウジング間に圧電素子を挿入し、可変容積室内に皿ばねを挿入してこの皿ばねによりピストンを介して圧電素子に圧縮荷重を付与するようにした圧電アクチュエータが公知である

(特開昭59-206668号公報参照)。この圧電アクチュエータでは圧電素子として多数の圧電素子片を積層した積層型圧電素子を用いており、この積層型圧電素子に電荷をチャージして積層型圧電素子が伸長したときにピストンが移動して可変容積室の容積が減少せしめられ、それによって可変容積室内に充填された燃料の圧力が高められる。次いで積層型圧電素子にチャージされた電荷がディスチャージされて積層型圧電素子が収縮したときにピストンが移動して可変容積室の容積が増大せしめられ、それによって可変容積室内の燃料圧が

低下せしめられる。ところがこのような積層型圧電素子では各圧電素子片間に微小な空隙が存在し、その結果圧電素子が伸長を開始して可変容積室内の燃料圧が高まるとこれら空隙が潰れるまで圧電素子の伸長作用が停止せしめられる。即ち、圧電素子の伸長作用に遊びが存在し、この遊びのために圧電素子の十分な伸長量を確保できない。また、圧電素子の収縮動作に対する可変容積室内の燃料圧低下の良好な応答性を確保するには圧電素子とピストンとが離れないことが必要である。そこで上述の圧電アクチュエータでは皿ばねによりピストンを介して圧電素子に圧縮荷重を加え、それによって圧電素子片間の微小空隙を予め潰しておくことにより圧電素子に電荷がチャージされたときに圧電素子が十分に伸長するようにし、更にピストンと圧電素子とが離れないようにして圧電素子が収縮したときにただちに可変容積室の容積が増大するようにしている。

また、中空円筒体の外周面上に中空円筒体の横断面内において点対称に配置された複数個のスリ

ットを形成することにより中空円筒体にばね機能をもたせ、中空円筒体の内部に中空円筒体の内径よりも小さな外径を有する積層型圧電素子を挿入し、中空円筒体の両端部に螺着された栓間において積層型圧電素子を保持するようにした圧電アクチュエータが公知である（特開昭58-106881号公報参照）。この圧電アクチュエータでは中空円筒体のばね力により積層型圧電素子に圧縮荷重を与えて圧電素子片間の微小空隙を潰し、それによって圧電素子伸長作用時の遊びをなくすようにしている。

〔発明が解決しようとする課題〕

しかしながら特開昭59-206668号公報に記載されているように皿ばねを用いると皿ばねはピストンに対して一様な分布荷重を加えることができず、ピストンに偏荷重が加わる。ところがピストンに偏荷重が加わるとピストンがピストン孔に対して傾斜するためにピストンが偏摩耗を生じ、更にピストンが傾斜すると圧電素子に偏荷重が作用する

ために圧電素子が破損するという問題を生ずる。これは皿ばねに代えて圧縮ばねを用いたときでも同じである。

また、特開昭58-106881号公報に記載されている圧電アクチュエータではばね機能を有する中空円筒体が何ら拘束を受けていないために中空円筒体の中心軸線が湾曲してしまい、その結果圧電素子に偏荷重が作用して圧電素子が破損してしまうという問題を生ずる。

〔課題を解決するための手段〕

上記問題点を解決するために本発明によればアクチュエータハウジング内にピストン孔を形成してこのピストン孔内にピストンを摺動可能に挿入し、ピストン端面により限定された可変容積室をピストンの一侧に有すると共にピストン他側とアクチュエータハウジング間に圧電素子を挿入し、ピストンとアクチュエータハウジング間にばねを挿入してこのばねによりピストンを介して圧電素子に圧縮荷重を付与するようにした圧電アクチュ

エータにおいて、上述のばねをピストンの外周面上に嵌着された中空筒体より形成し、この中空筒体とその外周面上に横断面内において点対称に形成された複数個のスリットを有している。

〔作用〕

ばね機能を有する中空筒体がピストンの外周面上に嵌着されているので中空筒体はピストンによって拘束される。その結果、中空筒体の中心軸線は湾曲することなく直線状に維持されるためにピストンに偏荷重が作用することなく、更に圧電素子に偏荷重が作用することがない。

〔実施例〕

第1図から第7図に本発明をユニットインジェクタに適用した場合について示す。

第1図から第4図を参照すると、1はハウジング本体、2はその先端部にノズル口3を形成したノズル、4はスペーサ、5はスリーブ、6はこれらノズル2、スペーサ4、スリーブ5をハウジン

グ本体1に固締するためのノズルホルダを夫々示す。ノズル2内にはノズル口3の開閉制御を行なうニードル7が摺動可能に挿入され、ニードル7の頂部は加圧ピン8を介してスプリングリテーナ9に連結される。このスプリングリテーナ9は圧縮ばね10により常時下方に向けて押圧され、この押圧力は加圧ピン8を介してニードル7に伝えられる。従ってニードル7は圧縮ばね10によって常時閉弁方向に付勢されることになる。

一方、ハウジング本体1内にはニードル7と共軸的にプランジャ孔11が形成され、このプランジャ孔11内にプランジャ12が摺動可能に挿入される。プランジャ12の上端部はタペット13に連結され、このタペット13は圧縮ばね14により常時上方に向けて付勢される。このタペット13は機関駆動のカム(図示せず)により上下動せしめられ、それによってプランジャ12がプランジャ孔11内において上下動せしめられる。一方、プランジャ12下方のプランジャ孔11内にはプランジャ12の下端部12aによって画定され

た燃料加圧室15が形成される。この燃料加圧室15は棒状フィルタ16および燃料通路17(第4図)を介してニードル加圧室18に連結され、このニードル加圧室18はニードル7周りの環状燃料通路19を介してノズル口3に連結される。また、プランジャ孔11の内壁面上には第3図に示すようにプランジャ12が上方位置にあるときに燃料加圧室15内に開口する燃料供給ポート20が形成され、この燃料供給ポート20から燃料加圧室15内に2~3 kg/cm<sup>2</sup>程度のフィード圧の燃料が供給される。この燃料供給ポート20は燃料供給ポート20から直角方向に延びる燃料排出通路20aおよび開弁圧が2~3 kg/cm<sup>2</sup>程度のリリーフ弁(図示せず)を介して例えば燃料タンク(図示せず)に接続される。また、第3図に示されるようにプランジャ孔11に対して燃料供給ポート20と反対側には燃料供給ポート20の穿設作業上必然的に形成される燃料ポート21が形成され、この燃料ポート21の外端部は盲栓22によって閉鎖される。この燃料ポート21は燃料供

給ポート20と共軸的に延びてプランジャ孔11内に開口する。プランジャ孔11の内壁面上には燃料供給ポート20から燃料ポート21に向けて延びる円周溝23が形成される。従ってプランジャ12が下降してプランジャ12が燃料供給ポート20および燃料ポート21を閉鎖したときに燃料供給ポート20と燃料ポート21とは円周溝23を介して互いに連通せしめられ、従って燃料ポート21内の燃料圧は燃料供給ポート20内と同じフィード圧に維持される。ニードル7を押圧するための圧縮ばね10を収容する圧縮ばね収容室24は燃料返戻通路25を介して燃料供給ポート20に連結され、圧縮ばね収容室24内に漏洩した燃料は燃料返戻通路25を介して燃料供給ポート20内に返戻される。一方、プランジャ下端部12aよりもわずかに上方のプランジャ12の外周面上には円周溝26が形成され、この円周溝26はプランジャ12内に穿設された燃料逃し孔27を介して燃料加圧室15内に連通せしめられる。

一方、ハウジング本体1内にはプランジャ孔11内の側方近傍において横方向に延びる摺動孔30が形成される。従ってこの摺動孔30はその軸線がプランジャ12とニードル7の共通軸線にほぼ直交する直線に対し間隔を隔てて平行をなすように形成される。この摺動孔30内には溢流弁31が摺動可能に挿入される。第1図および第2図に示されるように摺動孔30は互いに共軸的に配置された小径孔32と大径孔33からなり、これら小径孔32と大径孔33の間には小径孔32および大径孔33の共通軸線に対してほぼ垂直をなす段部34が形成される。この段部34と小径孔32との接続部には環状をなす弁座35が形成される。一方、溢流弁31は小径孔32内に位置する小径部36と大径孔33内に位置する大径部37からなる。小径部36の外端部には小径孔32の内壁面と密封的に接触する第1の環状嵌合部38が形成され、大径部37の外端部には大径孔33の内壁面と密封的に接触する第2の環状嵌合部39が形成される。これら第1環状嵌合部

38と第2環状嵌合部39間の溢流弁31の外周面上には弁座35上に着座可能な環状弁部40が形成される。環状弁部40と第1環状嵌合部38間の溢流弁31の外周面周りには環状の加圧燃料導入室41が形成され、環状弁部40と第2環状嵌合部39間の溢流弁31の外周面周りには環状の燃料溢流室42が形成される。第2図に示されるように燃料溢流室42を画定する大径部37の外周面の径は小径孔32の径よりも大きく形成されており、従って燃料溢流室42の容積はかなり小さく形成されている。小径孔32の外端部は盲栓43により閉鎖されており、盲栓43と溢流弁31との間には溢流弁背圧室44が形成される。この溢流弁背圧室44内には溢流弁31の環状弁部40を弁座35から引き離す方向、即ち溢流弁31を開弁方向に向けて付勢する圧縮ばね45が挿入される。溢流弁31の大径部37内には半径方向に延びて燃料溢流室42内に開口する燃料通路46が形成され、小径部36内には軸線方向に延びて溢流弁背圧室44内に開口する燃料通路

47が形成される。これらの燃料通路46、47は溢流弁31内において互いに連通しており、従って溢流弁背圧室44は燃料通路46、47を介して燃料溢流室42に連通する。第2環状嵌合部39側の溢流弁31の端面48の中央部には燃料通路46の近傍まで延びる凹溝49が形成される。このように溢流弁31内には凹溝49および燃料通路46、47が形成されているので溢流弁31の質量はかなり小さくなる。

第4図に示されるようにハウジング本体1内には燃料通路17から上方に延びて常時加圧燃料導入室41内に開口する燃料溢流路50が形成される。この燃料溢流路50は常時燃料加圧室15に連通しており、従って加圧燃料導入室41は常時燃料加圧室15に連通している。また、第7図に示されるように溢流弁背圧室44は燃料通路51を介して垂直方向に延びる燃料通路52に連結され、この燃料通路52の下端部は第3図に示すように燃料ポート21に連結される。また、第7図に示されるように燃料溢流室42は燃料流出通路

53に連結され、この燃料流出通路53から流出した燃料は例えば燃料タンク（図示せず）へ返戻される。

第1図および第2図に示されるように摺動孔30の大径孔33の外端部にはロッド60を案内支持するロッドガイド61が嵌着され、このロッドガイド61はその内部にロッド孔62を具備する。ロッド60はロッド孔62内に摺動可能に挿入された中空円筒状の小径部63と、大径孔33内に摺動可能に挿入された大径部64からなり、大径部64の端面が溢流弁31の端面48に当接せしめられる、ロッドガイド61の内端部とロッド60の大径部64間にはロッド背圧室65が形成される。大径部64と反対側のロッド60の端部には小径部63の端面63aにより画定された圧力制御室66が形成される。この圧力制御室66の上方にはアクチュエータ70が配置される。第1図および第2図に示されるようにロッド60は中空円筒状をなしており、従ってロッド60の質量はかなり小さくなる。

第1図および第5図に示されるようにアクチュエータ70はハウジング本体1と一体形成されかつその内部にピストン孔71を形成したアクチュエータハウジング72と、ピストン孔71内に摺動可能に挿入された中空円筒状のピストン73と、アクチュエータハウジング72の頂部を覆う端板74と、端板74をアクチュエータハウジング72の頂部に固定するための端板ホルダ75と、端板74の上端部を覆う合成樹脂製キャップ76とを具備する。ピストン73と端板74間には多数の圧電素子板を積層した積層型圧電素子77が挿入され、ピストン73下方のピストン孔71内にはピストン73の下端面によって画定された可変容積室78が形成される。この可変容積室78は燃料通路79を介して圧力制御室66に連通する。ピストン73とアクチュエータハウジング72間には環状の冷却室80が形成され、この冷却室80内にはピストン73を常時上方に向けて付勢する弾性中空円筒体81が挿入される。圧電素子77に電荷をチャージするとピエ



ゾ圧電素子77は軸方向に伸長し、その結果可変容積室78の容積が減少する。一方、ピエゾ圧電素子77にチャージされた電荷をディスチャージするとピエゾ圧電素子77は軸方向に収縮し、その結果可変容積室78の容積が増大する。

第5図に示されるようにハウジング本体1には逆止弁82が挿入される。この逆止弁82は弁ポート83の開閉制御をするボール84と、ボール84のリフト量を規制するロッド85と、ボール84およびロッド85を常時下方に向けて押圧する圧縮ばね86とを具備し、従って弁ポート83は通常ボール84によって閉鎖される。逆止弁82の弁ポート83は燃料流入通路87を介して例えば低圧燃料ポンプ(図示せず)に連結され、 $2 \sim 3 \text{ kg/cm}^2$ の低圧の燃料が燃料流入通路87から供給される。逆止弁82は可変容積室78内に向けてのみ流通可能であり、従って可変容積室78内の燃料圧が $2 \sim 3 \text{ kg/cm}^2$ よりも低下すると燃料が逆止弁82を介して可変容積室78内に供給される。従って可変容積室78内は常時燃料に

よって満たされている。一方、第5図に示されるように冷却室80の下端部は燃料流入通路88を介して例えば低圧燃料ポンプ(図示せず)に連結され、 $2 \sim 3 \text{ kg/cm}^2$ の低圧の燃料が燃料流入通路88から冷却室80内に供給される。この燃料によってピエゾ圧電素子77が冷却される。また、第3図に示されるように冷却室80の下端部は燃料流出通路89を介して燃料供給ポート20に連結され、この燃料供給ポート20内に冷却室80から燃料供給ポート20に向けてのみ流通可能な逆止弁90が配置される。この逆止弁90は弁ポート91の開閉制御をするボール92と、ボール92のリフト量を規制するロッド93と、ボール92およびロッド93を常時上方に向けて押圧する圧縮ばね94からなる。冷却室80内の燃料はピエゾ圧電素子77を冷却した後、燃料流出通路89を介して燃料供給ポート20に供給される。また、第1図および第2図に示されるように冷却室80の下端部は燃料通路95を介してロッド背圧室65に連結され、従ってロッド背圧室65は

$2 \sim 3 \text{ kg/cm}^2$ の燃料で満たされる。

第1図および第5図に示すように前述した如くアクチュエータハウジング72内に形成された冷却室80内にはピストン73を常時上方に向けて付勢する弾性中空円筒体81が挿入される。この中空円筒体81は第8図および第9図に示されるように一様肉厚の薄肉中空円筒体からなり、この中空円筒体81はその全長に亘って一様な外径と一様な内径を有する。中空円筒体81の外周面上には軸線K-K方向において交互に等間隔を隔てて配置された第1群のスリット100と第2群のスリット101が形成され、これらの各スリット100、101は中空円筒体81の内周面上まで中空円筒体81内を貫通して延びる。第1群の各スリット100は中空円筒体81の横断面内において軸線K-Kに対して点対称に配置された一対のスリットからなる。従って第9図に示されるように各スリット100は同一の角度範囲に亘って延びており、各スリット100間には軸線K-Kに対して点対称に配置されかつ同一の角度範囲に亘って延び

る橋絡部102が形成される。一方、第2群の各スリット101は第1群の各スリット100に対して90度だけずれた同一の形状を有する。従って、第2群の各スリット101は中空円筒体81の横断面内において軸線K-Kに対して点対称に配置されかつ同一の角度範囲に亘って延びる一対のスリットからなり、これらのスリット間には中空円筒体81の横断面内において軸線K-Kに対して点対称に配置されかつ同一の角度範囲に亘って延びる橋絡部103が形成される。また、各スリット100、101の横巾は同一である。

第10図および第11図に弾性中空円筒体の別の実施例を示す。この実施例では中空円筒体81'の外周面上に軸線K-K方向において交互に等間隔を隔てて配置された第1群のスリット110と第2群のスリット111が形成される。第1群の各スリット110は中空円筒体81'の横断面内において軸線K-Kに対して点対称に配置された3個のスリットからなる。従って第11図に示されるように各スリット110は同一の角度範囲に亘って

て延びており、各スリット110間には軸線K-Kに対して点対称に配置されかつ同一の角度範囲に亘って延びる橋絡部112が形成される。一方、第2群の各スリット111は第1群の各スリット110に対して60度だけずれた同一の形状を有する。従って、第2群の各スリット111は中空円筒体81'の横断面内において軸線K-Kに対して点対称に配置されかつ同一の角度範囲に亘って延びる3個のスリットからなり、これらのスリット間には中空円筒体81'の横断面内において軸線K-Kに対して点対称に配置されかつ同一の角度範囲に亘って延びる橋絡部113が形成される。また、各スリット110、111の横巾は同一である。

第8図および第10図に示す弾塑性中空円筒体81、81'はかなりの高荷重まで荷重と歪が直線性を有する。第1図および第5図に示されるようにこの弾塑性中空円筒体81はピストン73の円筒状外周面上に圧縮された状態で底着され、従ってこの中空円筒体81のばね力によりピストン73を介してピエゾ圧電素子77に圧縮荷重が加えら

れる。中空円筒体81はピストン73の円筒状外周面上に底着されるので中空円筒体81はピストン73の円筒状外周面により保持され、従って中空円筒体81はその軸線が湾曲することなく、直線状に維持される。その結果、中空円筒体81によってピストン73に一樣な分布荷重が作用し、偏荷重が作用しないのでピストン73がピストン孔71の軸線に対して傾くことがなく、斯くしてピストン73が偏摩耗するのを阻止することができる。更にピストン73が傾くことがないのでピエゾ圧電素子77に偏荷重が作用することなく、従ってピエゾ圧電素子77が破損するのを阻止することができる。

前述したように燃料は燃料流入通路88を介して冷却室80内に供給され、次いでこの燃料はピエゾ圧電素子77を冷却した後、燃料流出通路89および逆止弁90を介して燃料供給ポート20内に供給される。第3図に示すようにプランジャ12が上方位置にあるときには燃料供給ポート20から燃料加压室15内に燃料が供給され、

従ってこのときには燃料加压室15内は2~3 kg/cm<sup>2</sup>程度の低圧になっている。一方、このときピエゾ圧電素子77は最大収縮位置にあり、このとき可変容積室78および圧力制御室66内の燃料圧は2~3 kg/cm<sup>2</sup>程度の低圧になっている。従ってこのとき溢流弁31は圧縮ばね45のばね力により第1図および第2図において右方に移動して環状弁部40が弁座35から離れている、即ち溢流弁31が開弁している。従って燃料加压室15内の低圧の燃料は一方では燃料溢流路50および加压燃料導入室41を介して燃料溢流室42内に供給され、他方では燃料通路52、51、溢流弁背圧室44および溢流弁31内の燃料通路47、46を介して燃料溢流室42内に供給され、燃料溢流室42内に供給された燃料は燃料流出通路53から排出される。従ってこのとき加压燃料導入室41、燃料溢流室42および溢流弁背圧室44内も2~3 kg/cm<sup>2</sup>の低圧の燃料で満たされている。

次いでプランジャ12が下降すると燃料供給ポート20および燃料ポート21がプランジャ12

によって閉鎖されるが溢流弁31が開弁しているために燃料加压室15内の燃料は燃料溢流路50、溢流弁22の加压燃料導入室41を介して燃料溢流室42内に流出する。従ってこのときも燃料加压室15内の燃料圧は2~3 kg/cm<sup>2</sup>程度の低圧となっている。

次いで燃料噴射を開始すべくピエゾ圧電素子77に電荷がチャージされるとピエゾ圧電素子77は軸線方向に伸長し、その結果ピストン73が下降するために可変容積室78および圧力制御室66内の燃料圧が急激に上昇する。圧力制御室66内の燃料圧が上昇するとロッド60が第1図および第2図において左方に移動するためにそれに伴って溢流弁31も左方に移動し、溢流弁31の環状弁部40が弁座35に当接して溢流弁31が開弁せしめられる。溢流弁31が開弁すると燃料加压室15内の燃料圧はプランジャ12の下降運動により急速に上昇し、燃料加压室15内の燃料圧が予め定められた圧力、例えば1500 kg/cm<sup>2</sup>以上の一定圧を超えるとニードル7が開弁して

ノズル口3から燃料が噴射される。このとき燃料溢流路50を介して溢流弁31の加圧燃料導入室41内にも高圧が加わるが加圧燃料導入室41の軸方向両端面の受圧面積が等しいためにこの高圧によって溢流弁31に駆動力が作用しない。

次いで燃料噴射を停止すべくピエゾ圧電素子77にチャージされた電荷がディスチャージされるとピエゾ圧電素子77が収縮する。その結果、ピストン73が中空円筒体81のばね力により上昇せしめられるために可変容積室78および圧力制御室66内の燃料圧が低下する。前述したようにロッド60および溢流弁31の質量は小さく、従って圧力制御室66内の燃料圧が低下するとロッド60および溢流弁31が圧縮ばね45のばね力によりただちに第1図および第2図において右方に移動し、溢流弁31の環状弁部40が弁座35から離れて溢流弁31が即座に開弁する。溢流弁31が開弁すると燃料加圧室15内の高圧の燃料が燃料溢流路50および加圧燃料導入室41を介して燃料溢流室42内に噴出し、その結果燃

料加圧室15内の燃料圧は急速に低下する。一方、燃料溢流室42の容積が小さいために加圧燃料が燃料溢流室42内に噴出すると燃料溢流室42内の燃料圧は一時的にかなり高圧となる。前述したように溢流弁31の大径部37の端面48と燃料溢流室42間には第2環状嵌合部39が形成されているので燃料溢流室42内に発生した高圧が溢流弁31の大径部37の端面48に作用しない。その結果、燃料溢流室42内に発生した高圧は摺動孔30の大径孔33の断面積から小径孔32の断面積を差引いた面積に対して溢流弁31の開弁方向にのみ作用し、斯くして溢流弁31は燃料溢流室42内に発生した高圧によって開弁方向に付勢されることになる。また燃料溢流室42内に高圧の燃料が噴出するとこの高圧燃料の一部は溢流弁31内の燃料通路46を介して燃料通路47から溢流弁背圧室44内に噴出する。このように燃料通路47から高圧の燃料が噴出すると噴出作用の反力により溢流弁31には開弁方向の付勢力が作用することになる。また、高圧燃料が溢流弁背

圧室44内に噴出すると溢流弁背圧室44内の燃料圧が上昇し、その結果溢流弁背圧室44内の燃料圧によって溢流弁31には開弁方向の付勢力が作用する。このように溢流弁31が開弁すると燃料溢流室42内の圧力上昇、燃料通路47からの燃料噴出作用および溢流弁背圧室44内の圧力上昇によって溢流弁31に開弁方向の付勢力が作用するために溢流弁31の環状弁部40が弁座35を離れるや否や溢流弁31は急速に開弁せしめられ、更に溢流弁31は一旦開弁すると開弁状態に保持される。従って溢流弁31が開弁すると燃料加圧室15内の燃料圧が連続的に急速に低下するために溢流弁31が開弁するとただちにニードル7が下降して燃料噴射が停止せしめられる。一方、溢流弁31を開弁するためにピエゾ圧電素子77が収縮せしめられて可変容積室78の燃料圧が低下せしめられたときに可変容積室78の燃料圧が燃料流入通路87(第5図)内の燃料圧よりも低くなれば逆止弁82を介して低圧の燃料が可変容積室78内に補給される。

次いでブランジャ12が更に下降するとブランジャ12の外周面上に形成された円周溝26が燃料供給ポート20および燃料ポート21に連通する。このとき燃料加圧室15内の燃料圧が燃料供給ポート20および燃料ポート21内の燃料圧よりも高いときは燃料加圧室15内の燃料がブランジャ12内に形成された燃料逃し孔27および円周溝26を介して燃料供給ポート20および燃料ポート21内に排出される。次いでブランジャ12が上昇して上端位置まで戻り、再び下降を開始する。

このようにブランジャ12には燃料加圧室15内の燃料圧が1500kg/cm<sup>2</sup>以上の高圧となるように強力な下向きの駆動力が与えられる。しかしながら摺動孔30はブランジャ12の側方に配置されているので摺動孔30が歪むことなく、斯くして溢流弁31の円滑な摺動作用を確保することができる。また、摺動孔30はブランジャ12の側方において横方向に延びるように配置されているので摺動孔30を燃料加圧室15に近接して配置す

ることができる。その結果、燃料溢流路50の長さを短くすることができるので燃料溢流路50も含めた燃料加圧室15の容積を小さくすることができる。従って燃料加圧室15内の燃料圧を容易に高圧化することができるので良好な噴射燃料の微粒化を確保することができる。更に、燃料加圧室15の容積を小さくすることができるので溢流弁31が開弁したときに燃料加圧室15内の燃料圧がただちに低下し、燃料噴射がただちに停止する。従って溢流弁31が開弁した後に低圧下で燃料噴射が継続することがないのでスモークの発生を抑制でき、しかも機関出力を向上できると共に燃料消費率を向上することができる。また、溢流弁31の開閉動作に応動して燃料噴射量が即座に立上り、燃料噴射が即座に停止するので良好なパイロット噴射を行なうことができる。

また、摺動孔30をプランジャ12の側方において横方向に延びるように形成することによってユニットインジェクタの横巾を狭くことができ、更にピエゾ圧電素子77をその軸線が摺動孔

30およびロッド60の共通軸線に対してほぼ直角をなすように、即ちプランジャ12とニードル7の共通軸線に対してほぼ平行をなすように配置することによってユニットインジェクタの横巾を更に狭くすることができる。

#### (発明の効果)

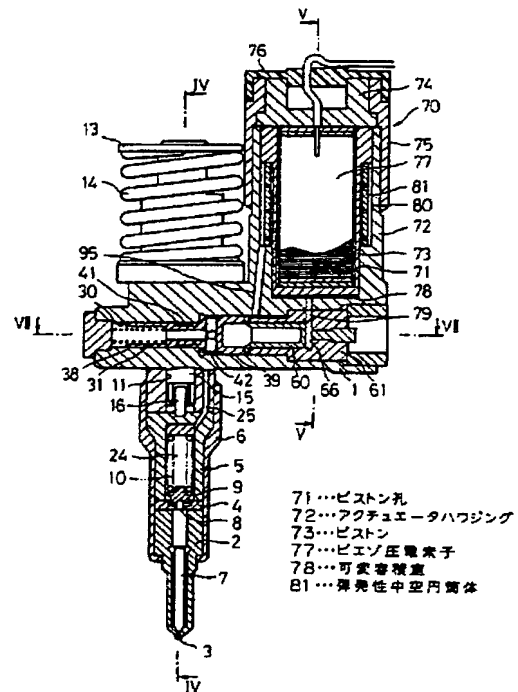
ばね機能を有する中空筒体をピストンの外周面上に嵌着することによってピストンの偏摩耗を阻止することができ、圧電素子が破損するのを阻止することができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

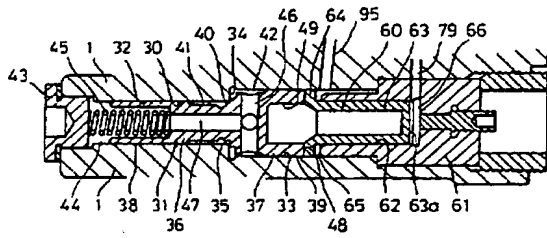
第1図は第4図のI-I線に沿って見たユニットインジェクタの側面断面図、第2図は第1図の一部の拡大側面断面図、第3図は第4図のII-III線に沿って見た側面断面図、第4図は第1図のIV-IV線に沿って見た側面断面図、第5図は第1図および第7図のV-V線に沿って見た側面断面図、第6図は第1図の平面図、第7図は第1図のVI-VII線に沿って見た平面断面図、第8図は弾塑性中

空円筒体の拡大側面図、第9図は第8図のIX-IX線に沿って見た断面図、第10図は弾塑性中空円筒体の別の実施例の拡大断面図、第11図は第10図のXI-XI線に沿って見た断面図である。

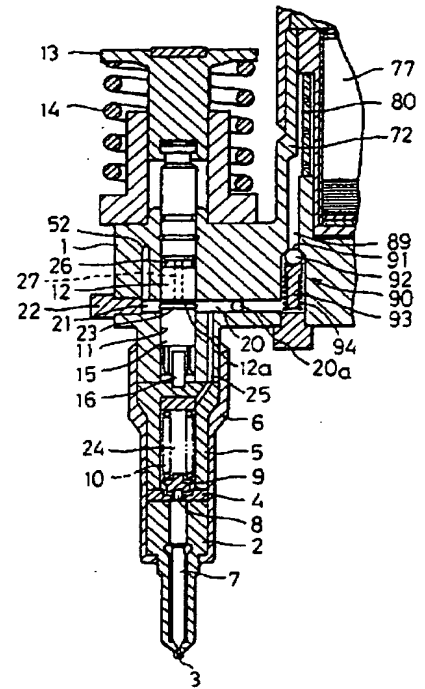
- |                          |             |
|--------------------------|-------------|
| 3…ノズル口、                  | 7…ニードル、     |
| 11…プランジャ孔、               | 12…プランジャ、   |
| 15…燃料加圧室、                | 20…燃料供給ポート、 |
| 30…摺動孔、                  | 31…溢流弁、     |
| 41…加圧燃料導入室、              | 42…燃料溢流室、   |
| 60…ロッド、                  | 66…圧力制御室、   |
| 71…ピストン孔、                |             |
| 72…アクチュエータハウジング、         |             |
| 73…ピストン、                 | 77…ピエゾ圧電素子、 |
| 78…可変容積室、                |             |
| 81, 81'…弾塑性中空円筒体、        |             |
| 100, 101, 110, 111…スリット。 |             |



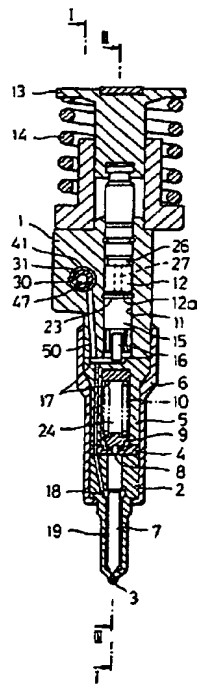
第1図



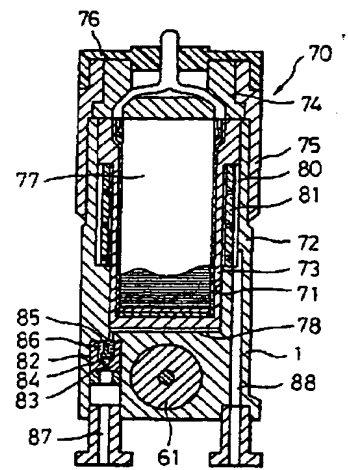
第 2 図



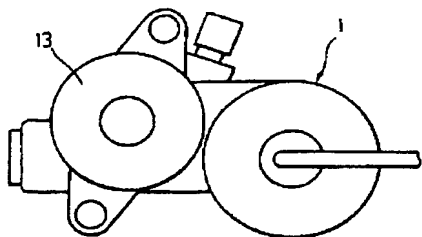
第 3 図



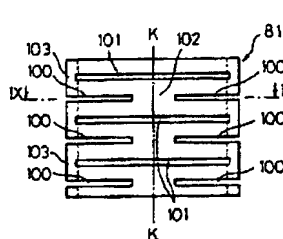
第 4 図



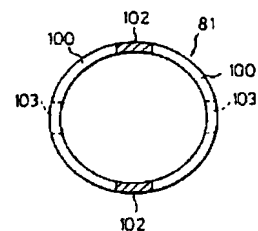
第 5 図



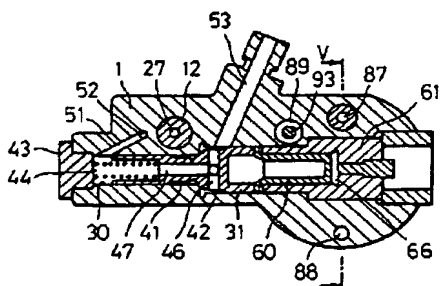
第 6 図



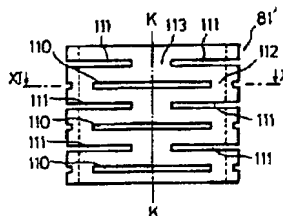
第 8 図



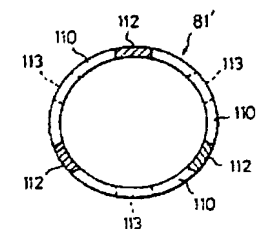
第 9 図



第 7 図



第 10 図



第 11 図